

Antti Ohtonen

## **PÖLYNPOISTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU**

Opinnäytetyö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kevät 2014



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Antti Ohtonen	
Työn nimi Pölynpoistojärjestelmän suunnittelu	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Kunnossapito	Ohjaaja(t) Mikko Heikkinen
	Toimeksiantaja Nopan Metalli Oy
Aika Kevät 2013	Sivumäärä ja liitteet 22+1
<p>Pölynpoistojärjestelmä on keskeinen osa raepuhalluspaikan toimivuutta, koska se parantaa huomattavasti työtilan työskentelymukavuutta ja ilmanlaatua. Raepuhalluksessa käytettävän rakeen talteenotto on myös kustannustehokkuuden kannalta katsottuna kannattavaa. Syklonierottimen käyttö pölynpoistojärjestelmän keskeisenä osana on kustannustehokas ja edullinen ratkaisu. Toimiva pölynpoistojärjestelmä parantaa myös huomattavasti työturvallisuutta.</p> <p>Tässä insinöörityössä suunniteltiin Nopan Metalli Oy:lle raepuhalluspaikan pölynpoistojärjestelmän, joka sisältää syklonierottimen, poistopuhaltimen ja tarvittavan imuputkiston. Järjestelmä on suunniteltu yrityksen tarpeiden mukaan.</p> <p>Työn tuloksena Nopan Metalli Oy on saanut suunnitelman pölynpoistojärjestelmästä, joka teoriassa tulee täyttämään yrityksen tarpeet ja on investointikustannuksiltaan kohtuullinen.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Pölynpoisto, Syklonierotin
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineerin	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Antti Ohtonen	
Title Dust removal system of Nopan Metalli Oy	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Mr Mikko Heikkinen, Teacher
	Commissioned by Nopan Metalli Oy
Date Spring 2014	Total Number of Pages and Appendices 22+1
<p>The dust removal system is a key part of a working blasting system. It will improve the air quality of the work area and thus prove the working conditions of the employees. A working dust removal system can be used to collect reusable blasting material and in this way improve the cost-effectiveness. The use of a cyclone separator in the dust removal system enables the collection of the reusable blasting material.</p> <p>The objective of this thesis was to design a working dust removal system for the company Nopan Metalli Oy. The main objectives were functionality and cost-effectiveness.</p> <p>As the end result of the thesis the company Nopan Metalli Oy has been given the design of a working low-cost dust removal system that will be easy to implement with their own resources.</p>	
Language of Thesis      Finnish	
Keywords	Dust removal, Cyclone separator
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences



## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KONEEN ELIMET	3
2.1 Yleiskatsaus syklonierottimesta	3
2.2 Vakiosyklonin mitoitus	3
2.2.1 Erotusaste	3
2.2.2 Painehäviö	5
2.3 Poistopuhaltimen valintaperusteet	6
2.4 Korvausilma	7
2.5 Putkiston valintaperusteet	7
3 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	8
3.1 Syklonierottimen mitoitus	9
3.1.1 Erottelukykylaskelma syklonierottimelle	11
3.1.2 Painehäviölaskelma syklonierottimelle	13
3.2 Poistopuhaltimen valinta	13
3.3 Putkiston suunnittelu	14
4 TULOSTEN TARKASTELU	16
5 YHTEENVETO	21
LÄHTEET	22
LIITTEET	

## SYMBOLILUETTELO

$N$  = kaasuvirran syklonin ulkohalkaisijalla tekemien kierrosten lukumäärä [-]

$D$  = syklonin rungon halkaisija [m]

$V_t$  = partikkelin terminaalinopeus [m/s]

$W$  = sisääntuloaukon leveys [m]

$V_i$  = kaasun virtausnopeus sisääntulossa [m/s]

$H$  = sisääntuloaukon korkeus [m]

$L_d$  = sylinterin pituus [m]

$L_s$  = kartion pituus [m]

$q_{v,g}$  = kaasun tilavuusvirta [ $m^3/s$ ]

$d_p$  = partikkelin halkaisija [ $\mu m$ ]

$\rho_p$  = partikkelin tiheys [ $kg/m^3$ ]

$\rho_g$  = kaasun tiheys [ $kg/m^3$ ]

$\mu$  = kaasun viskositeetti [ $kg/ms$ ]

$R$  = rungon säde [m].

$\Delta p$  = painehäviö [Pa]

$H_v$  = vastustuskerroin [-]

$K$  = syklonin rakenteesta ja käyttöolosuhteista johtuva kerroin [-]

$D_e$  = ulostulon halkaisija [m]



## 1 JOHDANTO

Nopan Metallin toimitilat sijaitsevat Kuhmossa teollisuusalueella monien muiden yritysten ympäröimänä. Kuvassa 1 Nopan Metallin päätoimitilat.



KUVA 1. Nopan Metallin toimitilat

Nopan Metalli Oy on Nopan Auto Oy:n tytäryhtiö. Nopan Metalli on Kuhmossa toimiva tilauskonepaja, joka valmistaa ja asentaa raskaita ja keskiraskaita levy- ja palkkirakenteita yli 70 vuoden kokemuksella mm. alumiinista, erikoislujista, kuumalujista, ruostumattomista sekä kulutusteräksistä pintakäsiteltynä. Lisäksi on varastossa laaja valikoima eri materiaaleja.

Nopan Auto on perustettu yli 70 vuotta sitten. Aluksi yhtiö toimi nimellä Nokelan paja, joka valmisti mm. tukkipankkoja ja kuljetuskalustoa. Myöhemmin Nopan Auto keskittyi autojen myyntiin. Siitä seurasi, että perustettiin erillinen konepajayritys Nopan Metalli Oy, joka tehtiin vuonna 1995. Yhtiön toiminta keskittyi Kainuun alueen teräsrakentamiseen, asentamiseen sekä kunnossapitoon ja korjaustoimintaan vakiintuneille asiakkaille.

Nopan Metalli Oy toimittaa edelleen kunnossapitokomponentteja ympäri Suomen. Se on viime aikoina erikoistunut etenkin kuumankestävistä teräksistä valmistettaviin kattilakomponentteihin.



Opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa ja tehostaa yrityksen pintakäsittelymahdollisuuksia parantamalla raepuhalluspaikan työskentelyolosuhteita ja tällä tavoin vähentää siivoamiseen kuluvaa aikaa, jolloin jää enemmän aikaa tehokkaaseen työskentelyyn.

Työssä suunnitellaan pölynpoistojärjestelmä, joka vähentää merkittävästi raepuhalluksen aikana syntyvää pölyä ja tällä tavoin parantaa työskentelyolosuhteita ja vähentää työskentelytilan siivoamisen tarvetta.

Suunnitelmaan sisältyy tarvittavat putkistot, poistoimuri, suodatin ja sykloni, jonka tarkoituksena on erotella imettävästä ilmasta raskaammat hiukkaset, jotta ne eivät tuki suodatinta. Työssä perehdytään kyseisten koneenosien valintaan, mitoittamiseen ja hankitaan tiedot tarvittavista investoinneista.

## 2 KONEEN ELIMET

### 2.1 Yleiskatsaus syklonierottimesta

Syklonierotin eli sykloni on dynaaminen erotin, jonka toiminta perustuu massavaikutukseen. Yksinkertaisesta toimintaperiaatteesta johtuen se soveltuu niin nestemäisten kuin kiinteidenkin materiaalien erotteluun. Sykloni soveltuu hyvin niiden materiaalien erotteluun, jotka aiheuttaisivat kulumista järjestelmän muille osille, kuten imureille ja suodattimille.

Syklonin valmistusmateriaali voidaan valita hyvinkin laajasta valikoimasta, johtuen sen yksinkertaisesta rakenteesta. Siihen eniten vaikuttava tekijä on kuitenkin eroteltava materiaali, koska sykloni altistuu voimakkaalle kulutukselle.

Syklonille on lukuisia käyttötarkoituksia teollisuudessa. Pääasiallisesti ne toimivat savukaasujen, sahanpurujen ja muiden karkeiden aineiden erottelussa.

Syklonin hyviksi ominaisuuksiksi voidaan lukea myös sen matala hinta ja halvat ylläpito- ja huoltokustannukset. Heikkouksina voidaan pitää heikkoa erottelukykä pienillä partikkeilla ja suurempaa painehäviötä kuin muilla erottelutyypeillä. [2, s. 6.]

### 2.2 Vakiosyklonin mitoitus

Vakiosyklonin mitoitukseen voidaan käyttää useita eri menetelmiä. Käytin työssäni Lapplen menetelmää, joka on ensimmäinen vakiosyklonille laadittu menetelmä ja on yhä käyttökelpoinen useille sykloneille.

#### 2.2.1 Erotusaste

Erotusasteen määrittämiseksi tulee ensin määrittää savukaasun virtaustyyppi, joita ovat tulpavirtaus ja sekoittunut virtaus.

Tulppavirtaukselle erotusaste saadaan yhtälöllä

$$\eta_{tulp} = \frac{N\pi DV_t}{WV_i} \quad (1)$$

jossa

$N$  = kaasuvirran syklonin ulkohalkaisijalla tekemien kierrosten lukumäärä [-]

$D$  = syklonin rungon halkaisija [m]

$V_t$  = partikkelin terminaalinopeus [m/s]

$W$  = sisääntuloaukon leveys [m]

$V_i$  = kaasun virtausnopeus sisääntulossa [m/s]

Kaasuvirran syklonin ulkohalkaisijalla tekemien kierrosten lukumäärä määritellään yhtälöllä

$$N = \frac{1}{H} \left( L_d + \frac{L_s}{2} \right) \quad (2)$$

jossa

$H$  = sisääntuloaukon korkeus [m]

$L_d$  = sylinterin pituus [m]

$L_s$  = kartion pituus [m]

Kaikille standardisykloneille  $N = 6$

Kaasuvirran nopeus sisääntulossa saadaan yhtälöllä

$$V_i = q_{v,g} \frac{1}{HW} \quad (3)$$

jossa

$q_{v,g}$  = kaasun tilavuusvirta [ $m^3/s$ ]

Partikkelin terminaalinopeus määritellään yhtälöstä

$$V_t = \frac{d_p^2(\rho_p - \rho_g)V_i^2}{18\mu R} \quad (4)$$

jossa

$d_p$  = partikkelin halkaisija [ $\mu\text{m}$ ]

$\rho_p$  = partikkelin tiheys [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$\rho_g$  = kaasun tiheys [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$\mu$  = kaasun viskositeetti [ $\text{kg}/\text{ms}$ ]

$R$  = rungon säde [ $\text{m}$ ].

Partikkelin halkaisija saadaan yhtälöllä

$$d_p = \left( \frac{9\mu W}{\pi N V_i (\rho_p - \rho_g)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Yhtälön (5) mukaisesti määritelty partikkelin halkaisija on pienin, jonka sykloni erottelee. Teoriassa kaikki partikkelit, joiden halkaisija on  $d_p$  ja sitä suurempi, tulevat erotelluiksi 100 % erotusasteella. Käytännössä tämä ei kuitenkaan toteudu.

### 2.2.2 Painehäviö

Korkean erotusasteen saamiseksi kaasu pakotetaan virtaamaan syklonissa suurella nopeudella. Tämä johtaa suureen painehäviöön. Syklonin taloudellisen ja toimivuuden optimoinnin kannalta on tärkeää, ettei painehäviö kasva liian suureksi. Syklonien painehäviö vaihtelee yleensä 250–4000 Pa. [3, s. 39.]

Painehäviö määritellään yhtälöllä

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho_g V_i^2 H_v \quad (6)$$

jossa

$\Delta p$  = painehäviö [Pa]

$H_v$  = vastustuskerroin [-]

Vastustuskerroin saadaan yhtälöllä

$$H_v = K \frac{HW}{D_e^2} \quad (7)$$

jossa

$K$  = syklonin rakenteesta ja käyttöolosuhteista johtuva kerroin [-]

$D_e$  = ulostulon halkaisija [m]

Tangentiaaliselle sisääntulolle, missä virtaava aine on kaasu,  $K$  vaihtelee välillä 12–18. Yleisesti ottaen  $K$ :n arvo asettuu vakiosykloneille arvoon 16. Tästä seuraa, että vastuskertoimen  $H_v$  arvoksi muodostuu yleensä 8, joka on hyvin tyypillinen arvo sykloneille. [2, s. 19.]

### 2.3 Poistopuhaltimen valintaperusteet

Puhaltimen valinta perustuu ilmavirtaan ja paine-eroon, joka tarvitaan voittamaan putkiston ja syklonierottimen aiheuttamat painehäviöt. Yleensä valitaan puhallin, jonka imuteho on 10–20 % suurempi kuin suunniteltu mahdollisten tulevien lisäysten varalta. [4, s. 108.]

## 2.4 Korvausilma

Vedon, epäsiisteyden ja järjestelmän tehokkaan toiminnan takaamiseksi on tilaan tuotava koneellisesti poistettua ilmaa vastaava määrä korvausilmaa. Lämmityskustannuksien säästämiseksi käytetään usein kierrätysilmaa, jolloin vaaditaan, että suodattimet ovat asianmukaiset, jotta ilmanlaatu on työskentelykelpoista. [4, s. 109.]

## 2.5 Putkiston valintaperusteet

Putkisto tulee valmistaa materiaalista, joka kestää siihen käytössä kohdistuvan kulutuksen mahdollisimman hyvin. Materiaalin valinnassa on kuitenkin otettava huomioon myös järjestelmän käyttöaste, ettei putkiston hinta nouse kohtuuttoman suureksi.

### 3 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Tavoitteena on tehdä suunnitelma raepuhalluspaikan pölynpoistojärjestelmästä. Raepuhalluspaikka on perustettu vanhaan linja-autotalliin, jonka lattiassa on huoltomonttu, johon on tarkoitus sijoittaa imuputkisto pölyn poistamiseksi. Monttuun on jo rakennettu kaukalo, jonka tarkoituksena on kerätä puhalluksen aikana syntyvää pölyä. Tämän kaukalon seinämiin on tarkoitus sijoittaa imukanavat, jotka tehostavat pölynpoistoa. Kuvassa raepuhalluspaikka, johon järjestelmä tullaan sijoittamaan.



Kuva 2. Raepuhalluspaikka.

### 3.1 Syklonierottimen mitoitus

Syklonierottimen mitoituksen tein edellä mainittujen periaatteiden ja kaavojen mukaisesti. Erottimen koon valitsin tilan mahdollisuuksien mukaan, jonka jälkeen ryhdyin laskelmilla tarkistamaan, onko kyseisen kokoluokan erottimen erottelukyky käyttötarkoitukseen sopiva. Taulukosta voidaan nopeasti mitoittaa vakiosykloni.

Taulukko 1. Vakiosyklonin suhdemitat

	Sykloni tyyppi tavallinen
Rungon halkaisija $D/D$	1,0
Sisääntulon korkeus $H/D$	0,5
Sisääntulon leveys $W/D$	0,25
Ulostulon halkaisija $D_e/D$	0,5
Sisäputken pituus $S/D$	0,625
Sylinterin pituus $L_d/D$	2,0
Kartion pituus $L_s/D$	2,0
Pölynpoiston halkaisija $D_d/D$	0,25

Kuten taulukosta 1 voidaan todeta, syklonin mitoitus perustuu rungon halkaisijaan. Numerot ovat suhdelukuja, jotka tulee kertoa rungon halkaisijalla muiden mittojen selvittämiseksi. Taulukko 1 perustuu Lapplen kehittämään malliin vakiosyklonille, jonka pohjalle on kehitetty muitakin menetelmiä. [2, s. 13.]



Yllä olevan taulukon avulla mitoitin järjestelmään syklonierottimen, jonka mitat ovat nähtävillä alla olevassa taulukossa.

Taulukko 2. Valitun vakiosyklonin ulkomitat

	syklonin mitat (mm)
Rungon halkaisija $D/D$	300
Sisääntulon korkeus $H/D$	150
Sisääntulon leveys $W/D$	75
Ulostulon halkaisija $D_e/D$	150
Sisäputken pituus $S/D$	187,5
Sylinterin pituus $L_d/D$	600
Kartion pituus $L_s/D$	600
Pölynpoiston halkaisija $D_d/D$	75

Yllä on valittu syklonierotin, jonka katson mahtuvan käytössä olevaan tilaan. Seuraavaksi tulee tarkistaa, että kyseinen erotin on riittävän tehokas toimivan järjestelmän aikaansaamiseksi.

### 3.1.1 Erottelukykylaskelma syklonierottimelle

Tulppavirtaukselle erotusaste saadaan yhtälöllä

$$\eta_{tulp} = \frac{N\pi DV_t}{WV_i} \quad (1)$$

jossa

$$N = 6$$

$$D = 0,3 \text{ m}$$

$$V_t = 15414,8 \text{ m/s}$$

$$W = 0,075 \text{ m}$$

$$V_i = 148,44 \text{ m/s}$$

$$\eta_{tulp} = \frac{6 * \pi * 0,3 \text{ m} * 15414,8 \text{ m/s}}{0,075 \text{ m} * 148,44 \text{ m/s}}$$

$$\eta_{tulp} = 7829,75$$

Tuloksesta voidaan päätellä, että raepuhalluksessa käytettävät 0,4 mm halkaisijaltaan olevat rakeet tulevat erotelluksi valitulla syklonierottimella.

Kaasuvirran syklonin ulkohalkaisijalla tekemien kierrosten lukumäärä määritellään yhtälöllä

$$N = \frac{1}{H} \left( L_d + \frac{L_s}{2} \right) \quad (2)$$

jossa

$$H = 0,15 \text{ m}$$

$$L_d = 0,6 \text{ m}$$

$$L_s = 0,6 \text{ m}$$

Kaikille standardisykloneille  $N = 6$

Kaasuvirran nopeus sisääntulossa saadaan yhtälöllä

$$V_i = q_{v,g} \frac{1}{HW} \quad (3)$$

jossa

$$q_{v,g} = 1,67 \text{ m}^3/\text{s}$$

Partikkelin terminaalinopeus määritellään yhtälöstä

$$V_t = \frac{d_p^2(\rho_p - \rho_g)V_i^2}{18\mu R} \quad V_t = \frac{0,009^2(7830 \text{ kg/m}^3 - 1,5 \text{ kg/m}^3)148,44 \text{ ms}^2}{18 \cdot 226,158 \times 10^{-7} \text{ kg/ms} \cdot 0,15 \text{ m}}$$

$$V_t = 15414,8 \text{ m/s}$$

jossa

$$d_p = 0,009 \text{ } [\mu\text{m}]$$

$$\rho_p = 7830 \text{ } [\text{kg/m}^3]$$

$$\rho_g = 1,5 \text{ } [\text{kg/m}^3]$$

$$\mu = 226,158 \times 10^{-7} \text{ } [\text{kg/ms}]$$

$$R = 0,15 \text{ } [\text{m}].$$

Partikkelin halkaisija saadaan yhtälöllä

$$d_p = \left( \frac{9\mu W}{\pi N V_i (\rho_p - \rho_g)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$d_p = \left( \frac{9 \cdot 226,158 \cdot 10^{-7} \text{ kg/ms} \cdot 0,075 \text{ m}}{\pi \cdot 6 \cdot 148,44 \text{ ms}^2 (7830 \text{ kg/m}^3 - 1,5 \text{ kg/m}^3)} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,009 \text{ } \mu\text{m} \quad (5)$$

### 3.1.2 Painehäviölaskelma syklonierottimelle

Painehäviö määritellään yhtälöllä

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho_g V_t^2 H_v \quad (6)$$

jossa

$$\Delta p = \text{painehäviö [Pa]}$$

$$H_v = 8$$

$$\Delta p = \frac{1}{2} * 1,5 \text{ kg/m}^3 * 148,44 \text{ m/s} * 8$$

$$\Delta p = 890,64 \text{ Pa}$$

Painehäviölaskelmasta voidaan todeta, että valitun syklonin aiheuttama painehäviö on kohtalaisen pieni. Siksi katson, että syklonin mitoitus on onnistunut ja se on järjestelmään sopiva myös painehäviön osalta.

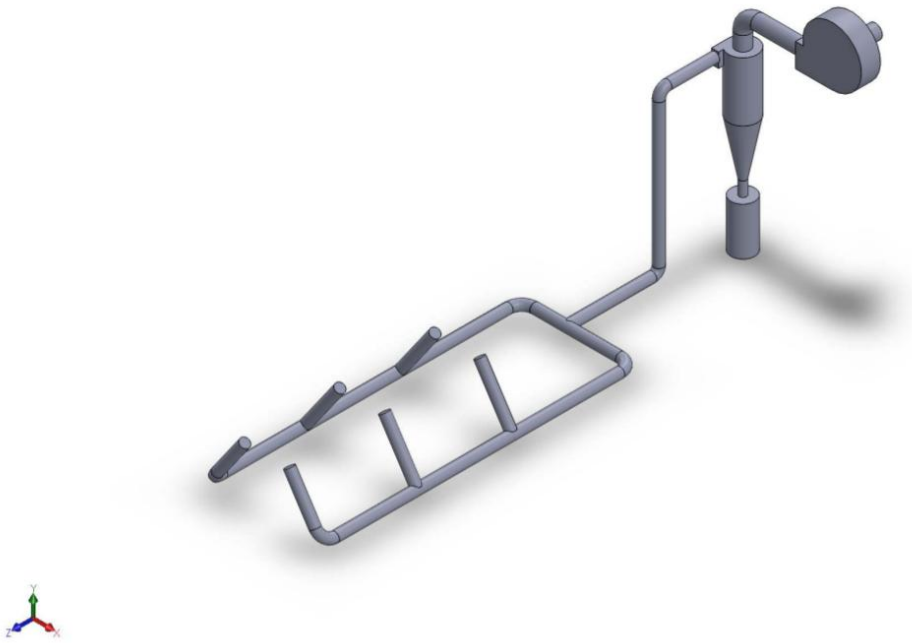
### 3.2 Poistopuhaltimen valinta

Puhaltimen valinnassa otin yhteyttä sähköpostitse Suomen Imurikeskukseen, jonka projekti- ja erikoistuotteiden myyntiä hoitava Tapio Alientalo auttoi valitsemaan käyttötarkoitukseen sopivan puhaltimen. Sähköpostikeskusteluissa totesimme, että imuaukkoja tulee järjestelmään kuusi kappaletta ja niiden jokaisen halkaisija on 100 mm. Suomen Imurikeskuksen Alientalo ehdotti, että jokaiseen aukkoon tulisi imuteho, jonka suuruus olisi  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ , joten järjestelmän imuteho olisi yhteensä  $6000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Mielestäni imuteho tulisi olemaan edeltävillä arvoilla käyttötarkoitukseen sopiva. Näiden tietojen pohjalta sain ehdotuksen sopivasta imurista. Puhaltimeksi valittiin puhallin, jonka maksimipuhallusteho on  $8500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Koska puhaltimella saavutetaan järjestelmälle tavoitellun  $6000 \text{ m}^3/\text{h}$  imuteho painehäviön ollessa 2400 Pa, niin voidaan todeta, että puhaltimen teho on vähintäänkin riittävä. Tämän toteaman perustan siihen, että suurin painehäviötä aiheuttava komponentti järjestelmässä on syklonierotin ja sen aiheuttama painehäviö on alle 1000 Pa. Näin ollen sisähalkaisijaltaan suh-

teellisen pieni ja lyhyt putkisto ei tule aiheuttamaan niin suurta painehäviötä, ettei saavutettaisi riittävän suurta imutehoa. Valitun puhaltimen teknisistä tiedoista voidaan todeta, että valitun puhaltimen teho tulee riittämään painehäviöistä huolimatta. puhaltimen tekniset tiedot löytyvät liitteestä1.

### 3.3 Putkiston suunnittelu

Putkiston kooksi valitsin putken, jonka mitat ovat seuraavat: sisähalkaisija 100 mm ja seinämän paksuus 3 mm. Näillä mitoilla pidetään putkistosta syntyvä painehäviö pienenä ja saadaan putkistolle kulutuskestävyyttä. Materiaalin tulee olla terästä kulutuskestävyyden parantamiseksi. Putkiston etukäteen tarkka mitoittaminen on käytännössä lähes mahdoton tilan vaikean muodon vuoksi, mutta se ei haittaa järjestelmän kokonaisuuden suunnittelussa, koska putkiston sisähalkaisija ei ole kovin suuri eikä putkiston pituuskaan ole pitkä. Sen painehäviövaikutus ei nouse kovin suureksi. kuvassa 3 on periaate siitä, kuinka putkiston voi toteuttaa.

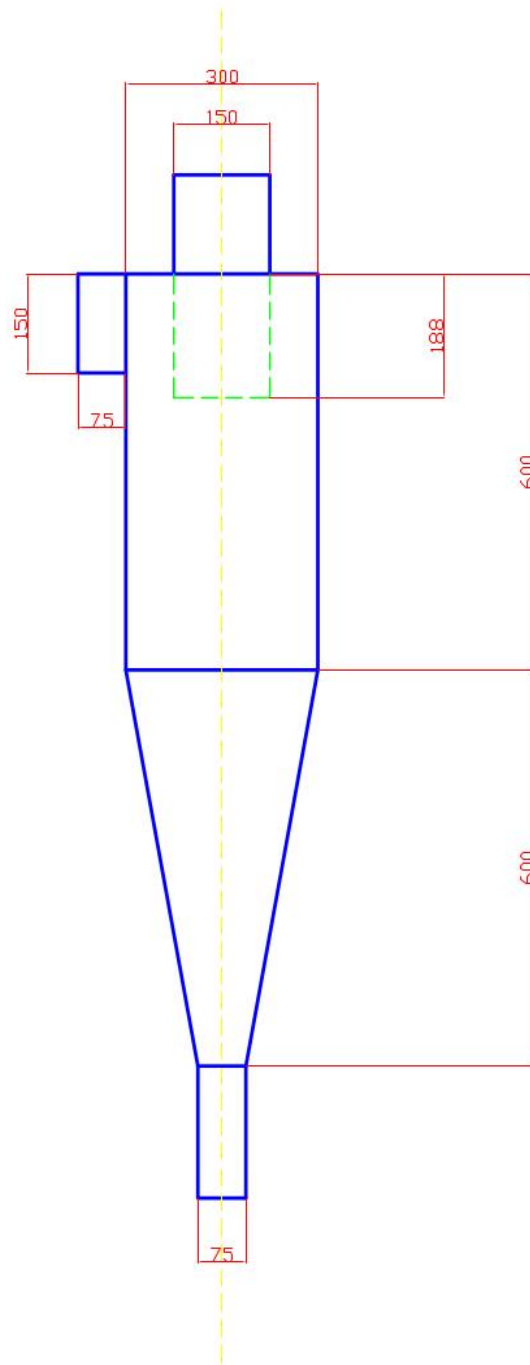


Kuva 3. Putkiston periaatekuva.

#### 4 TULOSTEN TARKASTELU

Työn tarkoituksena oli suunnitella Nopan Metalli Oy:lle pölynpoistojärjestelmä, joka olisi huomattavasti edullisempi kuin markkinoilla olevat valmiit järjestelmät. Raepuhalluspaikan käyttöaste on toistaiseksi niin pieni, ettei valmiin kalliin järjestelmän hankkiminen olisi kannattavaa. Suunnitelman alussa tuli ilmi, että syklonierottimen käyttö on kustannuksiltaan ja toimivuudeltaan tässä kyseisessä tapauksessa paras vaihtoehto. Suurin huomio työssä kiinnitettiin syklonierottimen mitoittamiseen. Tällä tavalla tuli varmistettua se, että järjestelmän toimivuus halutulla tavalla tulee toteutumaan.

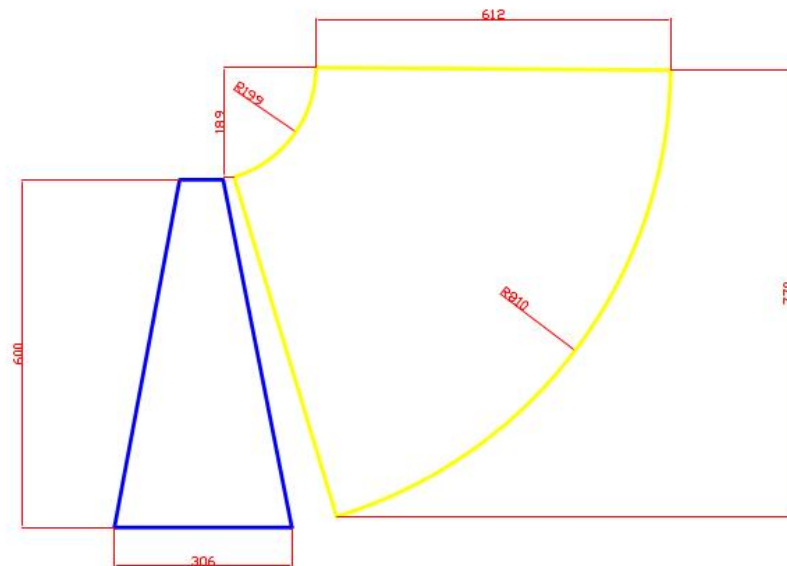
Syklonierottimen mitoitus itsessään ei osoittautunut hyvinkään hankalaksi, mutta tarkastuslaskelmat, joilla varmistetaan syklonin sopiminen haluttuun käyttöön, olikin jo hieman haasteellisempaa. Mitoituksen lisäksi tein myös työpiirustukset sykloniin tarvittavista osista. Kuvassa 4 on Suunnittelemani syklonin ulkomitat.



Kuva 4. Syklonierottimen yleismitat.

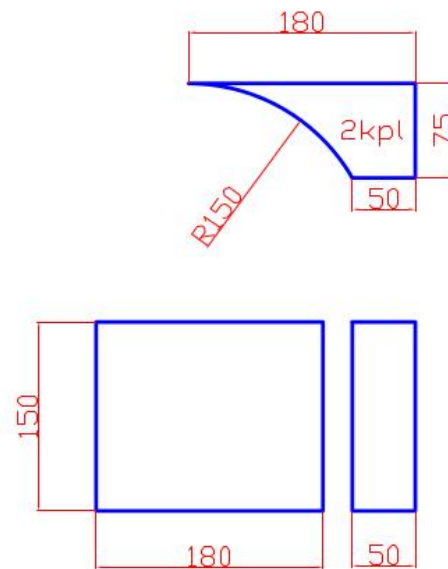


Kuvassa 5 on levityskuva syklonierottimen kartio-osasta, joka tarvitaan syklonin rakentamiseen.



Kuva 5. Syklonierottimen kartion levityskuva.

Kuvassa 6 on piirustus syklonierottimen imuaukkon tarvittavista osista.



Kuva 6. Syklonierottimen imuaukonosakuvat.

Työssä aiheutti ongelmia myös poistopuhaltimen valinta, koska siihen ei löytynyt mitoitus ohjetta. Ongelma kuitenkin ratkesi hyvinkin nopeasti, kun otin yhteyttä Suomen Imurikeskuksen projektimyynnistä vastaavaan henkilöön, jonka kanssa käydyn sähköpostikeskustelun pohjalta sopiva puhallin löytyi.

Tarvittavan imuputkiston mitoittaminen täysin valmiiksi olisi hyvin hankalaa tilan vaikean muodon vuoksi. Tämäkään ei ole mikään ongelma, koska yritys pystyy toteuttamaan putkiston itse ja tekemään sen suoraan tilaan eikä sitä tarvitse tilata. Kuitenkin niin, että putken sisähalkaisija on oltava 100 mm ja seinämän vahvuus vähintään 3 mm. Voimakas ilmavirtaus yhdistettynä putkessa liikkuvaan pölyyn aiheuttavat kulumista. Käytettäessä ohuempia materiaaleja olisi putkiston käyttöikä hyvin lyhyt.

Kustannukset järjestelmän toteuttamiseksi muodostuisivat yritykselle seuraavista osatekijöistä: Poistopuhaltimen hankinta, jonka hankintahinta on 2200 €+ Alv. Sähkötyökustannukset jotka syntyvät puhaltimen asennuksesta. Muut järjestelmään tarvittavat osat, kuten syklonierottimen, putkisto ja niiden asennuksen yritys pystyy tekemään itse, käyttäen yrityksen henkilökunnan osaamista.

## 5 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön toteuttaminen oli haastava ja mielenkiintoista, koska työn aihe kokonaisuutena oli minulle uusi. Suurimpana kokonaisuutena työssä tuli syklonierottimen mitoittaminen, joka vei paljon aikaa ja oli haastava. Syklonierottimen toiminnan tarkistaminen teoreettisesti vaati hyvin tarkkaa perehtymistä laskuihin ja niissä tarvittaviin arvoihin. Tiedonhaualla löysin hyvinkin kattavaa materiaalia, jotka olivat keskittyneet nimenomaan syklonierottimen mitoittamiseen. Niitä tarkastelemalla sain mielestäni mitoittettua toimivan kokonaisuuden.

Muut järjestelmään tarvittavat komponentit olivat myös haastavia, mutta niihin vastaukset löytyivät olemalla yhteistyössä oman alansa ammattilaisiin. Esimerkiksi poistopuhallinta mitoittaessa en olisi löytänyt omin avuin sopivaa puhallinta, ellen olisi osannut ottaa yhteyttä oikeaan paikkaan. Tässä auttoi kokemukset aikaisemmissa projekteissa eteen tulleet tilanteet, jotka olivat opettaneet, että apua saa kun sitä osaa pyytää.

Kokonaisuutena voin todeta, että sain toteutettua hyvin tilaajaltani saamani tavoitteet. teoriassa pystyn todistamaan, että järjestelmä on toimiva. Tulevaisuus kuitenkin järjestelmän toteuttamisen myötä, kuitenkin tulee osoittamaan, onko järjestelmä toimiva.

## LÄHTEET

1. Nopan Metalli kotisivut [www-dokumentti], luettu 14.2.2013

<http://nopammetalli.fi/>

2. Tanja Hämäläinen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energiatekniikan kandidaatin työstä ja seminaari. Vakiosyklonierottimen toimintaperiaatteet, mitoitusmenetelmät ja mitoitus

<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/36088/nbnfife200801221040.pdf?sequence=6>

3. Mikael Ohlström. Energiatuotannon pienhiukkaspäästöt Suomessa VTT energia

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/T1934.pdf> Luettu 9.4.2013

4. Arto Säämänen, Hannu Riipinen, Ilpo Kulmala ja Irma Welling. KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ- JA TIEDONVÄLITYSHANKE HYVIEN TYÖYMPÄRISTÖRATKAISUJEN EDISTÄMISEKSI VTT AUTOMAATIO, Tampereen aluetyöterveyslaitos, Lappeenrannan aluetyöterveyslaitos.

## LIITE 1: POISTOPUHALTIMEN TEKNISET TIEDOT



### MBRM 452 T2 7,5kW

#### Series general data MBRM



##### MANUFACTURING FEATURES:

- Rolling steel sheet housing.
- Fully welded or joined housing.
- High efficiency single inlet backWard curved impeller, manufactured of rolled steel sheet and epoxy powder finishing coat.
- Epoxy powder finishing coat.
- Standard asynchronous squirrel-cage motor with IP-55 protection and rated class F insulation. Manufactured with standard voltages: 230V 50Hz for single phase motors, 230/400V 50Hz for three phase, motors up to 5,5HP and 400/690V 50Hz for higher powers.

##### APPLICATIONS:

- Designed for inline installation, they are suitable for:
- Industrial applications, extraction or injection of air.
- Cooling of machines and parts.
- Dusty air and small loads of pellet materials transport.
- Exhaust after filters, separators and cyclones.
- Pneumatic transport.
- Maximum working temperature: carried air: 130°C, ambient 60°C.

##### UNDER REQUEST:

- 60Hz fans and special voltages.
- 2 speed motors.
- Flameproof or explosionproof fans with ATEX certified motors.
- Fans for air working temperatures up to 250°C.
- Hot-dipped galvanised or stainless steel fans.
- Motors specifically adapted for frequency regulation (recommended for motor sizes IEC280 and up).

#### Series accessories MBRM



RFS



ASD



INT



PE



RA



EA



EI

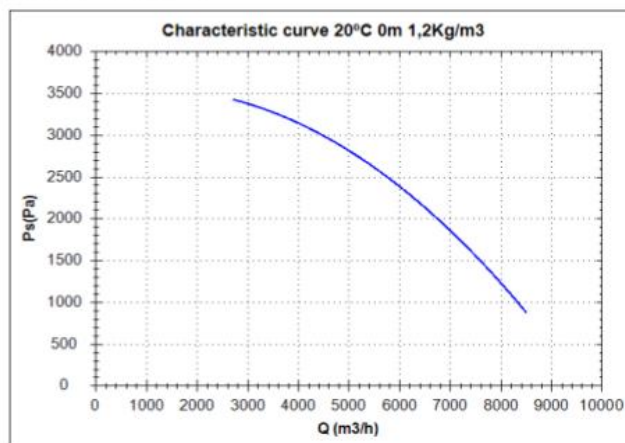


SIL-C



SIL-R

#### Characteristic curve



##### Design point

Q (m³/h)	
Ps (Pa)	

##### Service point

Impeller rpm	
Max. temp.(°C)	
Q (m³/h)	
Ps (Pa)	
Pd (Pa)	
Pt (Pa)	
Air speed (m/s)	

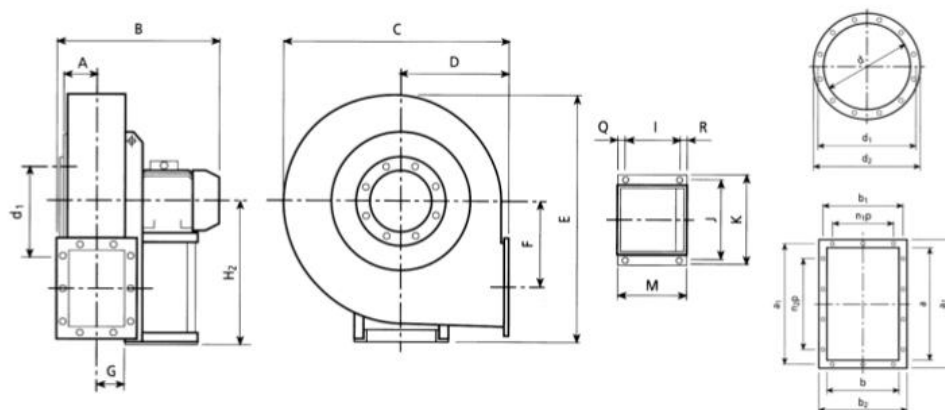
#### Technical data

Impeller rpm	2900
Motor rpm	2900
Approx. weight(kg)	158
Maximum flow rate(m³/h)	8500

Power(kW)	7,5
Imax 230V(A)	-
Imax 400V(A)	15
Imax 690V(A)	8,6

## MBRM 452 T2 7,5kW

### dimensions diagram



#### Dimensions (mm)

a=361	A=141	a1=405	a2=441	B=670	b=256	b1=300	b2=336	C=735	d=320	D=320	d1=366
d2=400	E=915	F=321	G=131	H=560	H1=320	H2=560	I=237	J=337	K=372	M=300	n1xp=125
n2xp=125	n <sup>o</sup> =8	n <sup>o</sup> =10	Ø=10	Ø=12	Ø=12	Q=40	R=23				

### Wiring diagram

